

УДК 681.3

**АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ И УПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЕМ КЛАСТЕРНЫХ СТРУКТУР АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ****Царев Р.Ю., Семенько К.А., Тюпкин М.В.***Сибирский федеральный университет**ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель»**Сибирский государственный аэрокосмический университет*

Проектирование отказоустойчивых автоматизированных систем управления предъявляет высокие требования по надежности, как к техническим, так и программным средствам. Существует ряд критичных областей науки и промышленности, где невыполнение этого требования и, как следствие, сбой работы системы могут повлечь за собой значительные экономические потери в рамках, как предприятия, так и целого региона. Такими областями являются банковская система, финансовые организации, космос, подводные и подземные исследования, атомная промышленность, химическое производство, прогнозирование и т.д.

В связи с этим одной из основных задач проектировщиков становится создание таких структур автоматизированных систем управления, которые обеспечивали бы устойчивость систем к программным и аппаратным сбоям, а также обеспечивали катастрофоустойчивое решение, главная задача которого – сохранение данных и продолжение работы в условиях массовых и, возможно, последовательных и связанных между собой отказов подсистем.

Технология отработки отказов в этом случае требует учета взаимосвязанности структурных компонент и способности систем специфически реагировать на каждый вариант последовательности развития событий, так называемый, сценарий катастрофы с целью обеспечения максимально возможной сохранности защищаемой информации.

Для обеспечения надежности автоматизированных систем управления предложено множество подходов, включая организационные методы разработки, различные технологии и технологические программные средства, что требует, очевидно, привлечения значительных ресурсов. Однако отсутствие общепризнанных критериев надежности не позволяет ответить на вопрос, насколько надежнее становится система при соблюдении предлагаемых процедур и технологий и в какой степени оправданы затраты на ее дальнейшее развитие. Таким образом, приоритет задачи оценки надежности и оптимизации плана развития отказоустойчивой структуры автоматизированных систем управления должен быть не ниже приоритета задачи ее обеспечения, что в настоящее время становится общепризнанным.

Под отказоустойчивостью понимается количество одновременных отказов компонентов системы, которые приводят к прекращению работы – чем больше узлов системы нужно вывести из строя для прекращения ее работы, тем более отказоустойчива такая система.

Отказоустойчивость повышает общую надежность системы, собранной даже из недостаточно надежных компонентов. Требования по отказоустойчивости определяются по разности между требуемым уровнем надежности и реальной надежностью существующих компонентов. Надежность в свою очередь – это доля времени непрерывной работы автоматизированной системы управления — чем больше эта величина, тем меньше система простаивает. Для критически важных приложений нужно добиваться минимум 99,9% надежности. Общим требованием сегодня стало «пять девяток» – 5 мин простоя в год. Однако такие же требования, нужно предъявлять и к сетевому оборудованию, каналам подключения и электропитанию. Естественно, что

надежность серверов должна быть выше надежности рабочих станций и мобильных устройств.

Простое дублирование элементов автоматизированной системы управления зачастую не является эффективным решением проблем отказоустойчивости. Существует ряд кластерных решений, но опять же возникает проблема развития системы в целом. Усложнение структуры автоматизированной системы управления предъявляет повышенные требования к эффективности и качеству принимаемых решений на этапах развития системы.

Возможны два способа повышения надежности автоматизированных систем управления: увеличение индивидуальной надежности отдельных подсистем и компонентов и улучшение общесистемной отказоустойчивости. В первом случае увеличивается надежность каждого элемента системы, что позволяет строить конфигурации высокой доступности из небольшого количества компонентов. Для построения надежной распределенной системы обычно используется большое количество не очень надежных компонентов, а высокая надежность всей системы достигается многократным дублированием. На сегодняшний день широко известны методы увеличения аппаратной надежности.

Используя резервирование, увеличивают отказоустойчивость компьютеров по отношению к сбоям внутренних компонентов: блоков питания, дисков, процессоров. При использовании резервирования основной задачей является оперативно идентифицировать сбой и перевести систему на работу с резервным аналогом выходящего из строя компонента. При этом для резервирования, например, блоков питания не требуется программной поддержки, в то время как для памяти, жестких дисков и процессора часто приходится менять и программное обеспечение. В результате решение становится не универсальным, и его нельзя применить для других серверов.

Вместе с дублированием горячая замена позволяет выполнять ремонт серверов без прекращения их работы, что увеличивает доступность, но уменьшает отказоустойчивость и надежность компьютера во время смены блока. Наиболее сложно обеспечить горячую замену процессоров, памяти и жестких дисков, поскольку для этого нужно реализовать динамическую перестройку операционной системы. Кроме того, необходимо правильно спроектировать корпус сервера, который позволял бы менять внутренние элементы, не вынимая весь сервер из монтажной стойки.

Немаловажным элементом надежных систем является диагностика компонентов: перегрева процессора, памяти, системной платы, а также контроль возникновения ошибок. Диагностика позволяет предупредить аварию и вовремя заменить блок, который пока еще работает корректно, но вероятность его сбоя достаточно высока. Если в системе предусмотрена горячая замена данного компонента, то это позволяет исправить поломку еще до ее возникновения.

Имеется две реализации кластеров, обеспечивающих надежную работу автоматизированных систем управления: аппаратная и программная. Аппаратный кластер предусматривает специальные компоненты для поддержки целостности кластера и обрабатываемых им данных. Программный позволяет реализовать кластер из универсальных серверов и сетевых технологий, но требует поддержки со стороны операционной системы: баланса загрузки, контроля работоспособности узлов, перераспределения ресурсов и решения других задач. Собственно аппаратные кластеры выпускаются уже давно, а сегодня начали появляться и программные кластеры.

На сегодняшний день крайне актуальными являются вопросы постановки и формализации задач синтеза аппаратных и программных структур, разработки оптимизационных моделей, а также построения на их основе процедур синтеза и

управления развитием структуры автоматизированных систем управления, позволяющих учитывать динамику функционирования элементов системы.

Аппаратно-программные решения для структур автоматизированных систем управления, обеспечивающие катастрофоустойчивость, соответствуют различным типам кластеров: локальному кластеру, кампусному или же метрокластеру. Для защиты от катастроф узлы кластера необходимо разнести на достаточное расстояние. Узлы размещаются в разных помещениях, на разных этажах здания, в разных районах города или даже в разных городах или странах. Расстояние между узлами определяется исходя из конкретной ситуации и в соответствии с используемой технологией репликации данных.

Управление развитием структуры автоматизированных систем управления заключается в определении моментов ввода типов кластеров, структуру серверной сети в каждый период планирования и потоки мощностей между кластерами различных уровней иерархии (согласно выбранным степеням катастрофоустойчивости) с учетом динамики изменения потребностей абонентов каждого структурного компонента (сервера) в информационно-технологических работах и капитальных затрат на ее развитие.

Управление развитием автоматизированных систем управления требует разработки программного обеспечения, учитывающего особенности их структуры. Однако для многих задач, возникающих при управлении развитием кластерной структуры данных систем, алгоритмы программ не могут быть эффективно адаптированы для данных систем, или время адаптации сравнимо со сроком полезного использования задачи. Для большого класса задач не требуется высокая производительность обработки одного набора данных. Гораздо важнее возможность использования надежной автоматизированных систем управления с приемлемой производительностью и возможностью одновременной обработки нескольких наборов данных.

Объем доступных ресурсов для автоматизированных систем управления изменяется во времени, поэтому применение методов планирования загрузки системы (составления расписаний) или прогнозирования времени завершения задачи, основанных на статических или детерминированных моделях систем или программ является сложной проблемой, выражающейся в необходимости поиска новых подходов к анализу временных характеристик работы узлов системы и обеспечения методов управления вычислением приоритетных задач обработки информации в автоматизированных системах управления.

Средства разработки современных автоматизированных систем управления стоят на пороге появления конструкторов готовых систем, состоящих из наборов компонент от различных производителей. Компонентная архитектура стала возможной благодаря поддержке ведущими производителями аппаратного и программного обеспечения общих стандартов на проектирование, разработку и технологию компонентной сборки автоматизированных систем управления, реализуемых на различных программно-аппаратных платформах.

Таким образом, теоретическая и практическая значимость совершенствования модельно-алгоритмического обеспечения высокой надежности, отказоустойчивости, а также процессов управления развитием кластерной структуры автоматизированных систем управления являются важной и своевременной задачей, обуславливающей актуальность данного направления исследований.